



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09070094 A**

(43) Date of publication of application: **11.03.97**

(51) Int. Cl.

H04R	5/033
G01C	19/56
G01P	9/02
H04S	1/00
H04S	7/00

(21) Application number: 07224004

(22) Date of filing: 31.08.95

(71) Applicant: **SONY CORP**

(72) Inventor: **YAMADA YUJI**
INANAGA KIYOFUMI

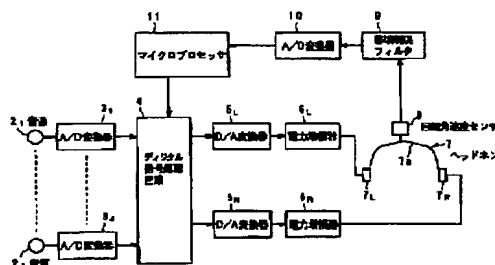
(54) HEADPHONE DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce an arithmetic amount of an impulse response when sound image localization is realized in a forward and a backward direction.

SOLUTION: When a headphone 7 has a rotary motion, a rotation angular velocity sensor 8 fitted to a head band 7a provides an output of a voltage proportional to the angular velocity. The output signal is filtered by a band limit filter 9 coded by an A/D converter 10 and given to a microprocessor 11. The output signal of the A/D converter 10 received by the microprocessor 11 sampled and integrated at a prescribed time interval and converted into angle data. The rotation angle to locate the sound image is calculated from the angle data and the corresponding signal processing data are transferred to a digital signal processing circuit 4.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-70094

(43)公開日 平成9年(1997)3月11日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 R 5/033			H 0 4 R 5/033	Z
G 0 1 C 19/56		9402-2F	G 0 1 C 19/56	
G 0 1 P 9/02			G 0 1 P 9/02	
H 0 4 S 1/00			H 0 4 S 1/00	L
7/00			7/00	F
審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 17 頁)				

(21)出願番号 特願平7-224004

(22)出願日 平成7年(1995)8月31日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 山田 裕司

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 稲永 潔文

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

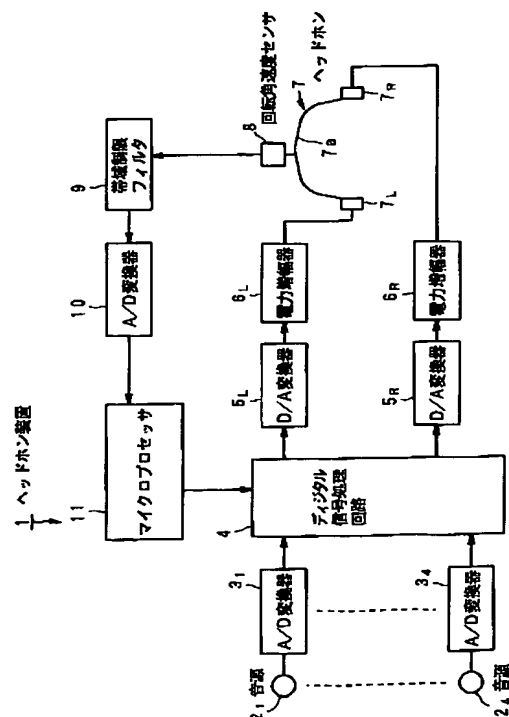
(74)代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54)【発明の名称】 ヘッドホン装置

(57)【要約】

【課題】 前方及び後方に音像定位を同時に実現しようとする、インパルスレスポンスの演算量が莫大になってしまった。

【解決手段】 ヘッドホン7が回転運動を持つとヘッドバンド7aに取り付けられた回転角速度センサ8は、その角速度に比例した電圧を出力する。この出力信号は、帯域制限フィルタ9でフィルタリングされた後、A/D変換器10で符号化され、マイクロプロセッサ11に入力される。マイクロプロセッサ11に入力されたA/D変換器10の出力信号は、一定時間間隔でサンプリングされた後積分され、角度データに変換される。この角度データから実際に音像を定位させるための回転角度が算出されて対応する信号処理データをデジタル信号処理回路4に転送する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 Nチャンネルの音声入力信号に信号処理を施す信号処理手段と、この信号処理手段で処理された音声信号を電力増幅する電力増幅手段と、この電力増幅手段により駆動されるヘッドホンと、このヘッドホンに取り付けられる回転角検出手段と、この回転角検出手段の検出出力を取り込みヘッドホン装着者の正面方向からの回転運動角度を計算する回転運動角度計算手段とを備え、該回転運動角度計算手段で得られた回転運動角度に応じて上記信号処理手段における信号処理内容を更新して音像を上記ヘッドホン装着者の頭外の一定方向に定位させるヘッドホン装置であって、

上記信号処理手段は、

上記Nチャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置かれたN個の音源から両耳に至る頭部伝達関数を時間領域に変換したインパルスレスポンスを畳み込む2N個のデジタルフィルタ手段と、

上記NチャンネルのうちのM ($M \leq N$) チャンネルに対応する2M個のデジタルフィルタ手段のL、R極性の同じ出力同士を加算する第1の一对の加算手段と、

上記NチャンネルのうちのN-Mチャンネルに対応する2(N-M)個のデジタルフィルタ手段のL、R極性の同じ出力同士を加算する第2の一对の加算手段と、

上記第1の一对の加算手段のL側及びR側の出力に接続される第1の一对の時間差付加手段と、

上記第2の一对の加算手段のL側及びR側の出力に接続される第2の一对の時間差付加手段と、

上記第1の一对の時間差付加手段と上記第2の一对の時間差付加手段のそれぞれのL側及びR側二系統の出力を同じ極性同士で加算する第3の一对の加算手段とを備え、

上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第1の一对の時間差付加手段と上記第2の一对の時間差付加手段とで付加する時間差の増減方向を逆にすることを特徴とするヘッドホン装置。

【請求項 2】 上記信号処理手段は、

上記第1の一对の時間差付加手段の入力側又は出力側に第1の一对のレベル差付加手段と、

上記第2の一对の時間差付加手段の入力側又は出力側に第2の一对のレベル差付加手段とを備え、

上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第1の一对のレベル差付加手段と上記第2の一对のレベル差付加手段とで付加するレベル差の増減方向を逆にすることを特徴とする請求項1記載のヘッドホン装置。

【請求項 3】 上記信号処理手段は、

上記第1の一对の時間差付加手段の入力側又は出力側に第1の一对の周波数特性制御手段と、

上記第2の一对の時間差付加手段の入力側又は出力側に第2の一对の周波数特性制御手段とを備え、

上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第1の一对の周波数特性制御手段と上記第2の一对の周波数特性制御手段とで制御する周波数特性の変化方向を逆にすることを特徴とする請求項1記載のヘッドホン装置。

【請求項 4】 上記信号処理手段は、

上記Nチャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置かれたN個の音源から両耳に至る頭部伝達関数を時間領域に変換したインパルスレスポンスを畳み込む2N個のデジタルフィルタ手段と、

上記NチャンネルのうちのM ($M \leq N$) チャンネルに対応する2M個のデジタルフィルタ手段のL、R極性の同じ出力同士を加算する第1の一对の加算手段と、

上記NチャンネルのうちのN-Mチャンネルに対応する2(N-M)個のデジタルフィルタ手段のL、R極性の同じ出力同士を加算する第2の一对の加算手段と、

上記第1の一对の加算手段のL側及びR側の出力に接続される第1の一对の位相差付加手段と、

上記第2の一对の加算手段のL側及びR側の出力に接続される第2の一对の位相差付加手段と、

上記第1の一对の位相差付加手段と上記第2の一对の位相差付加手段のそれぞれのL側及びR側二系統の出力を同じ極性同士で加算する第3の一对の加算手段とを備え、

上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第1の一对の位相差付加手段と上記第2の一对の位相差付加手段とで付加する位相差の増減方向を逆にすることを特徴とする請求項1記載のヘッドホン装置。

【請求項 5】 上記信号処理手段は、

上記第1の一对の位相差付加手段の入力側又は出力側に第1の一对のレベル差付加手段と、

上記第2の一对の位相差付加手段の入力側又は出力側に第2の一对のレベル差付加手段とを備え、

上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第1の一对のレベル差付加手段と上記第2の一对のレベル差付加手段とで付加するレベル差の増減方向を逆にすることを特徴とする請求項4記載のヘッドホン装置。

【請求項 6】 上記信号処理手段は、

上記第1の一对の位相差付加手段の入力側又は出力側に第1の一对の周波数特性制御手段と、

上記第2の一对の位相差付加手段の入力側又は出力側に第2の一对の周波数特性制御手段とを備え、

上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第1の一对の周波数特性制御手段と上記第2の一对の周波数特性制御手段とで制御する周波数特性の変化方向を逆にすることを特徴とする請求項4記載のヘッドホン装置。

【請求項 7】 上記音声入力信号には多チャンネルの信号を2チャンネル化した信号を用い、該信号処理手段の

前段に2チャンネル音声信号を多チャンネル音声信号に変換する復調手段を備えることを特徴とする請求項1記載のヘッドホン装置。

【請求項8】 上記回転角検出手段には角速度センサである圧電振動ジャイロを用いることを特徴とする請求項1記載のヘッドホン装置。

【請求項9】 上記回転角検出手段には地磁気方位センサを用いることを特徴とする請求項1記載のヘッドホン装置。

【請求項10】 上記回転角検出手段は、前方或いは周囲に置かれた発光手段と上記ヘッドホンに設けられた少なくとも2個の光強度センサの出力比により回転角を算出するようにしたことを特徴とする請求項1記載のヘッドホン装置。

【請求項11】 上記回転角検出手段は、ヘッドホン上の離れた2カ所に取り付けられたマイクロホンと前方或いは周囲に置かれた超音波発振器とからなり、上記発振器からは断続的なパースト信号を発生して、それをマイクロホンで読み取りそれぞれの受信信号の時間差から回転角を算出するようにしたことを特徴とする請求項1記載のヘッドホン装置。

【請求項12】 上記回転角検出手段及び上記信号処理手段は、ヘッドホン上に同時に装着できるようにしたことを特徴とする請求項1記載のヘッドホン装置。

【請求項13】 上記音声入力信号は、ワイヤレスで上記ヘッドホンに供給できるようにしたことを特徴とする請求項1記載のヘッドホン装置。

【請求項14】 Nチャンネルの音声入力信号に信号処理を施す信号処理手段と、この信号処理手段で処理された音声信号を電力増幅する電力増幅手段と、この電力増幅手段により駆動されるヘッドホンと、このヘッドホンに取り付けられる回転角検出手段と、この回転角検出手段の検出出力を取り込みヘッドホン装着者の正面方向からの回転運動角度を計算する回転運動角度計算手段とを備え、該回転運動角度計算手段で得られた回転運動角度に応じて上記信号処理手段における信号処理内容を更新して音像を上記ヘッドホン装着者の頭外の一定方向に定位させるヘッドホン装置であって、
上記信号処理手段は、
上記Nチャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置かれたN個の音源から両耳に至る頭部伝達関数を時間領域に変換したインパルスレスポンスを畳み込む2N個のデジタルフィルタ手段と、
上記ヘッドホンの装着者が正面方向を向いている状態を基準状態としてこの時に定位させるべき方向によって該Nチャンネルの音声信号を複数のブロックに分類し、この分類された各ブロック毎に、そのブロックに含まれる各チャンネルのそれぞれのデジタルフィルタの出力のL、R極性の同じもの同士を加算する一対の加算手段と、

上記一対の加算手段のL側及びR側の出力に接続される一対の時間差付加手段と、

上記一対の時間差付加手段のL側及びR側の出力を同じ極性同士で加算する加算手段とを備え、

上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記一対の時間差付加手段で付加する時間差の量を上記各ブロック毎に独立に変化させることを特徴とするヘッドホン装置。

【請求項15】 上記信号処理手段は、

10 上記一対の時間差付加手段の入力側又は出力側に一対のレベル差付加手段を備え、

上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記一対のレベル差付加手段で付加するレベル差を独立に変化させることを特徴とする請求項14記載のヘッドホン装置。

【請求項16】 上記信号処理手段は、

上記一対の時間差付加手段の入力側又は出力側に一対の周波数特性制御手段を備え、

20 上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記一対の周波数特性制御手段で制御する周波数特性を独立に変化させることを特徴とする請求項14記載のヘッドホン装置。

【請求項17】 上記信号処理手段は、

上記Nチャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置かれたN個の音源から両耳に至る頭部伝達関数を時間領域に変換したインパルスレスポンスを畳み込む2N個のデジタルフィルタ手段と、

30 上記ヘッドホンの装着者が正面方向を向いている場合を基準状態としてこの時に定位させるべき方向によって該Nチャンネルの音声信号を複数のブロックに分類するブロック分類手段と、

このブロック分類手段で分類された各ブロック毎に、そのブロックに含まれる各チャンネルのデジタルフィルタの出力のL、R極性の同じもの同士を加算する一対の加算手段と、

上記一対の加算手段のL側及びR側の出力に接続される一対の位相差付加手段と、

上記一対の位相差付加手段のL側及びR側の出力を同じ極性同士で加算する加算手段とを備え、

40 上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記一対の位相差付加手段で付加する位相差の量を上記各ブロック毎に独立に変化させることを特徴とする請求項14記載のヘッドホン装置。

【請求項18】 上記信号処理手段は、

上記一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に一対のレベル差付加手段を備え、

上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記一対のレベル差付加手段で付加するレベル差を独立に変化させることを特徴とする請求項17記載のヘッドホン装置。

【請求項 19】 上記信号処理手段は、
上記一対の位相差付加手段の入力側又は出力側に一対の
周波数特性制御手段を備え、
上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応
じて上記一対の周波数特性制御手段で制御する周波数特
性を独立に変化させることを特徴とする請求項 17 記載
のヘッドホン装置。

【請求項 20】 N チャンネルの音声入力信号に信号処
理を施す信号処理手段と、上記信号処理手段で処理され
た音声信号を電力増幅する電力増幅手段と、上記電力増
幅手段により駆動されるヘッドホンと、上記ヘッドホン
に取り付けられる回転角検出手段と、上記回転角検出手
段の検出出力を取り込みヘッドホン装着者の正面方向か
らの回転運動角度を計算する回転運動角度計算手段とを
備え、上記回転運動角度計算手段で得られた回転運動角
度に応じて上記信号処理手段における信号処理内容を更
新して音像を上記ヘッドホン装着者の頭外の一定方向に
定位させるヘッドホン装置であって、
上記信号処理手段は、上記 N チャンネルの音声入力信号
の一部のチャンネルを複数系統に分け音像を定位させる
位置に応じてそれぞれにレベル差あるいは位相差を付加
して残りの複数のチャンネルに加算することによりチャ
ンネル数を M ($M < N$) チャンネルに減じた後、各チャ
ンネルにデジタル処理を施すことを特徴とするヘッド
ホン装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、頭部回転角度検出
機能を備えたヘッドホン装置に関する。

【0002】

【従来の技術】一般的に、映画等の映像に伴う音声信号
は、映像の両側に置かれたスピーカによって再生される
ことを想定して記録されており、これにより、映像中の
音源と実際に聞こえてくる音像位置が一致して自然な映
像と音声の定位位置関係が確立される。

【0003】しかし、従来のヘッドホン装置を使用して
このような音声を鑑賞しようとした場合、音像は頭の中
に定位し、映像方向と音像定位位置が一致せず、極めて
不自然な音像定位となる。もちろん音楽等の音声だけを
鑑賞する場合も同様でスピーカ再生と異なり音が頭の中
から聞こえてくることは極めて不自然な現象といえる。

【0004】この現象を改善する為ヘッドホン装置で聴
取しても、スピーカで再生した場合と同等に音場を得る
為に、あらかじめ前方に置かれたスピーカから聴取者の
両耳までのインパルスレスポンスを測定あるいは計算
し、これを FIR フィルタ等のデジタルフィルタにより
音声信号に畳込んだ後、ヘッドホン装置により聴取す
るという方法がある。この方法によれば音像定位は頭外
に定位するようになるが依然として前方の音像は頭内あ
るいは頭の側に定位して依然として不自然さは残る。更

に映像を伴う場合は音像が頭の動きに同期して移動す
るので映像方向と音像方向のズレを生じ極めて不自然な音
像定位となる。

【0005】このため更にヘッドホン装着者の頭の動き
を検出しそれに応じて上記デジタルフィルタの係数を
随時更新し常に音像方向を聴取環境に対し固定する方法
がある。デジタル信号処理装置には FIR フィルタ等
のデジタルフィルタが構成される。この方法によれば
音像は頭の中に定位することもなく前方に置かれたスピー
カが再生した音像と極めて類似した音像が得られる。
しかし、この場合、頭部の微小な回転運動の毎に係数を
更新しなければならず莫大な数の積和演算器やメモリー
を必要とするという問題があった。

【0006】また、逐次係数を更新する煩雑さを避ける
ための他の方法もある。これはデジタルフィルタの係
数を一定方向の頭部伝達関数のデータに固定し、頭部の
動きに対する補正を全ての入力信号に対し時間差負荷装
置とレベル差付加装置で行うというものである。この方
法によれば逐次係数を補正する必要がなくなり回路規模
を格段に減少させることが出来るが、時間差付加装置及
びレベル差付加装置で実現できる音像定位方向が前方 1
80° の範囲内に限定され後方に音像を定位させること
ができなかった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記したよ
うに回転角センサを用いて頭部の回転角度を算出しこの
角度によりヘッドホン装置を用いても多チャンネルの音
声信号を前方あるいはかつ後方に固定する音像にして再
生しようとした場合、更新するインパルスレスポンスの
演算量が莫大になり大型かつ高価なシステムになってし
まうという問題があった。さらにこれを簡略化されたシ
ステムで実現しようとした場合には音像定位方向が前方
180° の範囲内に限定され後方に音像定位を同時に実
現する事はできなかった。

【0008】本発明は、上記実情に鑑みてなされたもの
であり、インパルスレスポンスの演算量を抑えながら
も、前方及び後方に音像定位を同時に実現できるヘッド
ホン装置の提供を目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係るヘッドホン
装置は、上記課題を解決するために、信号処理手段とし
て、N チャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置
かれた N 個の音源から両耳に至る頭部伝達関数を時間領
域に変換したインパルスレスポンスを畳み込む 2N 個の
デジタルフィルタ手段と、上記 N チャンネルのうちの
M ($M \leq N$) チャンネルに対応する 2M 個のデジタル
フィルタ手段の L, R 極性の同じ出力同士を加算する第
1 の一対の加算手段と、上記 N チャンネルのうちの N-M
チャンネルに対応する 2(N-M) 個のデジタルフ
ィルタ手段の L, R 極性の同じ出力同士を加算する第 2

の一对の加算手段と、上記第1の一对の加算手段のL側及びR側の出力に接続される第1の一对の時間差付加手段又は第1の一对の位相差付加手段と、上記第2の一对の加算手段のL側及びR側の出力に接続される第2の一对の時間差付加手段又は第2の一对の位相差付加手段と、上記第1の一对の時間差付加手段又は上記第1の一对の位相差付加手段と上記第2の一对の時間差付加手段又は上記第2の一对の位相差付加手段のそれぞれのL側及びR側二系統の出力を同じ極性同士で加算する第3の一对の加算手段とを備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第1の一对の時間差付加手段又は第1の一对の位相差付加手段と上記第2の一对の時間差付加手段又は第2の一对の位相差付加手段とで付加する時間差又は位相差の増減方向を逆にして、上記信号処理手段における信号処理内容を更新して音像をヘッドホン装着者の頭外の一定方向に定位させる。

【0010】ここで、上記信号処理手段は、上記第1の一对の時間差付加手段又は第1の一对の位相差付加手段の入力側又は出力側に第1の一对のレベル差付加手段と、上記第2の一对の時間差付加手段又は第2の一对の時間差付加手段の入力側又は出力側に第2の一对のレベル差付加手段とを備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第1の一对のレベル差付加手段と上記第2の一对のレベル差付加手段とで付加するレベル差の増減方向を逆にする。

【0011】また、上記信号処理手段は、上記第1の一对の時間差付加手段又は上記第1の一对の位相差付加手段の入力側又は出力側に第1の一对の周波数特性制御手段と、上記第2の一对の時間差付加手段又は第2の一对の位相差付加手段の入力側又は出力側に第2の一对の周波数特性制御手段とを備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第1の一对の周波数特性制御手段と上記第2の一对の周波数特性制御手段とで制御する周波数特性の変化方向を逆にする。

【0012】具体的には、入力音声チャンネルを聴取者の前方180°側に定位するチャンネルと後方180°側に定位するチャンネルとに分けそれぞれに対して固定したインパルスレスポンスデータを畳み込んだ後、頭の回転方向に応じて前方と後方とで逆方向にその特性が変化するような時間差付加手段とレベル差付加手段とを前方用と後方用にそれぞれ設ける。

【0013】また、本発明に係るヘッドホン装置は、上記課題を解決するために、信号処理手段として、Nチャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置かれたN個の音源から両耳に至る頭部伝達関数を時間領域に変換したインパルスレスポンスを畳み込む2N個のデジタルフィルタ手段と、ヘッドホンの装着者が正面方向を向いている状態を基準状態としてこの時に定位させるべき方向によって該Nチャンネルの音声信号を複数のブロックに分類し、この分類された各ブロック毎に、そのブロッ

クに含まれる各チャンネルのそれぞれのデジタルフィルタの出力のL、R極性の同じもの同士を加算する一对の加算手段と、上記一对の加算手段のL側及びR側の出力に接続される一对の時間差付加手段又は一对の位相差付加手段と、上記一对の時間差付加手段又は一对の位相差付加手段のL側及びR側の出力を同じ極性同士で加算する加算手段とを備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記一对の時間差付加手段又は一对の位相差付加手段で付加する時間差又は位相差の量を上記各ブロック毎に独立に変化させて、上記信号処理手段における信号処理内容を更新して音像をヘッドホン装着者の頭外の一定方向に定位させる。

【0014】ここで、上記信号処理手段は、上記一对の時間差付加手段又は一对の位相差付加手段の入力側又は出力側に一对のレベル差付加手段を備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記一对のレベル差付加手段で付加するレベル差を独立に変化させる。

【0015】また、上記信号処理手段は、上記一对の時間差付加手段又は一对の位相差付加手段の入力側又は出力側に一对の周波数特性制御手段を備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記一对の周波数特性制御手段で制御する周波数特性を独立に変化させる。

【0016】さらに、本発明に係るヘッドホン装置は、上記課題を解決するために、Nチャンネルの音声入力信号の一部のチャンネルを複数系統に分け音像を定位させる位置に応じてそれぞれにレベル差あるいは位相差を付加して残りの複数のチャンネルに加算することによりチャンネル数をM ($M < N$) チャンネルに減じた後、各チャンネルにデジタル処理を施す信号処理手段を備え、回転運動角度計算手段で得られた回転運動角度に応じて上記信号処理手段における信号処理内容を更新して音像を上記ヘッドホン装着者の頭外の一定方向に定位させる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るヘッドホン装置のいくつかの実施の形態について図面を参照しながら説明する。まず、第1の実施の形態は、図1に示すように、例えば4チャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置かれた4個の音源2₁・・・2₄からの該音声入力信号を4個のA/D変換器3₁・・・3₄を介してデジタル信号として受け取り、該4チャンネルの音声入力デジタル信号にデジタル信号処理を施すデジタル信号処理回路4と、このデジタル信号処理回路4でデジタル処理が施された音声デジタル信号をステレオ信号としてL、Rの2系統に分けた後、D/A変換器5_L、5_Rを介してアナログ信号として受け取り、電力増幅する電力増幅器6_L、6_Rと、この電力増幅器6_L、6_Rにより駆動される発音体7_L、7_Rを備えたヘッドホン7

と、このヘッドホン7のヘッドバンド7aに取り付けられてこのヘッドホン7を装着している装着者の頭部の回転角速度を検出する回転角速度センサ8と、この回転角速度センサ8の検出出力を帯域制限フィルタ9で帯域制限しA/D変換器10でデジタル信号に変換してから取り込み、ヘッドホン7の装着者の正面方向からの回転運動角度を計算する回転運動角度計算機能を持つマイクロプロセッサ11とを備え、上記マイクロプロセッサ11で得られた回転運動角度に応じて上記デジタル信号処理回路4における信号処理内容を更新して音像を上記ヘッドホン7装着者の頭外の一定方向に定位させるようにしたヘッドホン装置1である。

【0018】ヘッドホン7が回転運動を持つとヘッドバンド7aに取り付けられた回転角速度センサ8は、その角速度に比例した電圧を出力する。この出力信号は、帯域制限フィルタ9でフィルタリングされた後、A/D変換器10で符号化され、マイクロプロセッサ11に入力される。マイクロプロセッサ11に入力されたA/D変換器10の出力信号は、一定時間間隔でサンプリングされた後積分され、角度データに変換される。この角度データから実際に音像を定位させるための回転角度が算出されて対応する信号処理データをデジタル信号処理回路4に転送する。

【0019】一方、4個の音源2₁・・・2₄から入力された4チャンネルの音声信号は、4個のA/D変換器3₁・・・3₄で符号化されてデジタル信号処理回路4に入力される。デジタル信号処理回路4では、マイクロプロセッサ11で算出された角度データに対応して必要となる音声信号を頭外に定位させるためのデジタル信号処理を施し、その結果をステレオのL、Rの2系統に対応させた2個のD/A変換器5_L、5_Rに出力する。2個のD/A変換器5_L、5_Rにより再びアナログ信号に戻された音声信号は、電力増幅器6_L、6_Rを介して、ヘッドホン7の発音体7_L、7_Rに供給され、これを聴取する聴取者に最適の頭外定位信号を与える。

【0020】ここで、デジタル信号処理回路4は、図2に示すように、入力端子15_L、15_R、15_S及び15_Tを介して受け取った4チャンネルの上記音声入力デジタル信号の上記4個の音源2₁・・・2₄からヘッドホン装着者の両耳に至る頭部伝達関数を時間領域に変換したインパルスレスポンスを畳み込む8個のデジタルフィルタ16_L、16_R、17_L、17_R、18_L、18_R、19_L及び19_Rと、この4チャンネルのうち入力端子15_L及び15_Rから供給される2チャンネルに対応する4個のデジタルフィルタ16_L、16_R、17_L及び17_RのL、R極性の同じ出力同士を加算する第1の一对の加算器20_L及び20_Rと、上記4チャンネルのうちの入力端子15_S及び15_Tから供給される残りの2チャンネルに対応する4個のデジタルフィルタ18_L、18_R、19_L及び19_RのL、R極性の同じ出力同士を加算する第

2の一对の加算器21_L及び21_Rと、上記第1の一对の加算器20_L及び20_Rに接続される第1の一对の時間差付加回路22_L及び22_Rと、上記第2の一对の加算器21_L及び21_Rに接続される第2の一对の時間差付加回路23_L及び23_Rと、上記第1の一对の時間差付加回路22_L及び22_Rに接続される第1の一对のレベル差付加回路24_L及び24_Rと、上記第2の一对の時間差付加回路23_L及び23_Rに接続される第2のレベル差付加回路25_L及び25_Rと、上記第1の一对のレベル差付加回路24_L及び24_Rと上記第2の一对のレベル差付加回路25_L及び25_RのそれぞれのL側及びR側二系統の出力を同じ極性同士で加算する第3の一对の加算器26_L及び26_Rとを備え、上記マイクロプロセッサ11で検出した回転運動角度に応じて上記第1の一对の時間差付加回路22_L及び22_Rと上記第2の一对の時間差付加回路23_L及び23_Rとで付加する時間差及び上記第1の一对のレベル差付加回路24_L及び24_Rと上記第2の一对のレベル差付加回路25_L及び25_Rとで付加するレベル差の増減方向を逆にする。

20 【0021】このデジタル信号処理回路4では、図3に示すような状態を想定して、ヘッドホン装置7の発音体7_L、7_Rに駆動信号を供給している。すなわち、入力信号は、正面範囲180°に定位させるべきものとして音源2₁、音源2₂から2チャンネルを考え、また、後方180°の範囲内に定位させるべきものとして音源2₃、音源2₄から2チャンネルを考え、計4チャンネルとした。

30 【0022】まず、入力端子15_L及び15_Rより入力された音声入力デジタル信号は、それぞれ初期状態において前方のある方向に定位するのに相当する音源2₁、音源2₂から両耳への頭部伝達関数に相当するインパルスレスポンスがデジタルフィルタ16_L、16_R、17_L及び17_Rによって畳み込まれ、L側出力が加算器20_Lで加算されて時間差付加回路22_L及びレベル差付加回路24_Lを介して加算器26_Lに出力され、R側出力が加算器20_Rで加算されて時間差付加回路22_R及びレベル差付加回路24_Rを介して加算器26_Rに出力される。

40 【0023】ここで、音源2₁、音源2₂から聴取者Mの両耳l、rへの頭部伝達関数は、図3に示すようなH_{l1}、H_{l2}、H_{r1}、H_{r2}が考慮される。そして、左耳lにはS₁H_{l1}+S₂H_{l2}が、右耳rにはS₁H_{r1}+S₂H_{r2}が供給されるように、インパルスレスポンスがデジタルフィルタ16_L、16_R、17_L及び17_Rによって畳み込まれた音声ヘッドホン7によって装着者に与えられる。

50 【0024】なお、聴取者Mが頭部を例えば左側に動かすと、左耳lは音源2₁及び2₂から遠ざかることになり、右耳rは音源2₁及び2₂に近づくことになる。このため、左耳lと右耳rに達する音声入力信号には時間差及びレベル差が生ずることになる。この時間差及びレベ

ル差を生じさせるのが上記第1の一对の時間差付加回路22_L及び22_Rと、上記第1の一对のレベル差付加回路24_L及び24_Rである。

【0025】L側用の時間差付加回路22_Lで付加される遅延時間は、図4の遅延時間特性の一点鎖線の特性カーブT_Lで示され、R側用の時間差付加回路22_Rで付加される遅延時間は、図4の遅延時間特性の破線の特性カーブT_Rで示される。特性カーブT_L及びT_Rは聴取者Mの頭部の回転方向に対して全く逆の増減方向を持つ曲線となっている。これにより聴取者Mが前方180°の範囲内に置かれた音源からの音を頭を左右に回転させながら聞いた場合と同様の音源から両耳までの時間変化がヘッドホン7を用いた場合でも入力端子15_L及び15_Rから入力された信号に付加されることになる。

【0026】また、L側用のレベル差付加回路24_Lで付加されるレベル差は、図5の相対レベル特性の破線の特性カーブL_Lで示され、R側用のレベル差付加回路24_Rで付加されるレベル差は、図5の相対レベル特性の一点鎖線の特性カーブL_Rで示される。この図5は、頭の回転位置が0°の状態からの相対レベルを示している。特性カーブL_L及びL_Rは聴取者Mの頭部の回転方向に対して全く逆の増減方向を持つ曲線となっている。すなわち、レベル差付加回路24_Lでは特性カーブL_Lのレベル変化、レベル差付加回路24_Rでは特性カーブL_Rのレベル変化が付加されるので前方の音源を実際に聞くのと同様の音量変化がヘッドホン装着者においても入力端子15_L及び15_Rからの入力信号に付加される。

【0027】同様に、入力端子15_L及び15_Rより入力された音声入力デジタル信号は、それぞれ初期状態において後方のある方向に定位するのに相当する音源2_S、音源2_Rから両耳への頭部伝達関数に相当するインパルスレスポンスがデジタルフィルタ18_L、18_R、19_L及び19_Rによって畳み込まれ、L側出力が加算器21_Lで加算されて時間差付加回路23_L及びレベル差付加回路25_Lを介して加算器26_Lに出力され、R側出力が加算器21_Rで加算されて時間差付加回路23_R及びレベル差付加回路25_Rを介して加算器26_Rに出力される。

【0028】ここで、音源2_S、音源2_Rから聴取者Mの両耳1_L、1_Rへの頭部伝達関数は、図3に示すような h_{uL} 、 h_{uR} 、 h_{rL} 、 h_{rR} が考慮され、左耳1_Lには $s_L h_{uL} + s_R h_{rL}$ が、右耳1_Rには $s_L h_{uR} + s_R h_{rR}$ が供給されるように、インパルスレスポンスがデジタルフィルタ18_L、18_R、19_L及び19_Rによって畳み込まれた音声ヘッドホン7によって与えられる。

【0029】なお、聴取者Mが頭部を例えば左側に動かすと、右耳1_Rは音源2_S及び2_Rから遠ざかることになり、左耳1_Lは音源2_S及び2_Rに近づくことになる。このため、左耳1_Lと右耳1_Rに達する音声入力信号には時間差及びレベル差が生ずることになる。この時間差及びレベ

ル差を生じさせるのが上記第2の一对の時間差付加回路23_L及び23_Rと、上記第2の一对のレベル差付加回路25_L及び25_Rである。

【0030】L側用の時間差付加回路23_Lで付加される遅延時間は、図4の遅延時間特性の破線の特性カーブT_Lで示され、R側用の時間差付加回路23_Rで付加される遅延時間は、図4の遅延時間特性の一点鎖線の特性カーブT_Rで示される。特性カーブT_L及びT_Rは上述したように聴取者Mの頭部の回転方向に対して全く逆の増減方向を持つ曲線となっている。これにより聴取者Mが後方180°の範囲内に置かれた音源からの音を頭を左右に回転させながら聞いた場合と同様の音源から両耳までの時間変化がヘッドホン7装着時においても入力端子15_L及び15_Rから入力された信号に付加されることになる。

【0031】また、L側用のレベル差付加回路25_Lで付加されるレベル差は、図5の相対レベル特性の一点鎖線の特性カーブL_Lで示され、R側用のレベル差付加回路25_Rで付加されるレベル差は、図5の相対レベル特性の破線の特性カーブL_Rで示される。特性カーブL_L及びL_Rは上述したように聴取者Mの頭部の回転方向に対して全く逆の増減方向を持つ曲線となっている。すなわち、レベル差付加回路25_Lでは特性カーブL_Lのレベル変化、レベル差付加回路25_Rでは特性カーブL_Rのレベル変化が付加されるので後方の音源を実際に聞くのと同様の音量変化がヘッドホン装着者においても入力端子15_L及び15_Rからの入力信号に付加される。

【0032】以上より、本発明の実施の形態となるヘッドホン装置1によれば、前方及び後方に質の高い音像を同時に定位させることが可能となる。なお、このヘッドホン装置1のデジタル信号処理回路4は、図6、図8及び図10のような構成としてもよい。

【0033】図6に示すデジタル信号処理回路4は、図2に示した第1の一对のレベル差付加回路24_L及び24_Rの代わりに第1の一对の周波数特性制御回路28_L及び28_Rを第1の一对の時間差付加回路22_L及び22_Rの出力側に、第2の一对のレベル差付加回路25_L及び25_Rの代わりに第2の一对の周波数特性制御回路29_L及び29_Rを第2の一对の時間差付加回路23_L及び23_Rの出力側に接続してなる。

【0034】ここで、第1の一对の周波数特性制御回路28_L及び28_Rと、第2の一对の周波数特性制御回路29_L及び29_Rは、図7に示すような周波数特性をヘッドホン7装着者の頭部の回転角度に応じて上記入力信号に与えて、周波数特性を制御するものである。頭部を正面前方に固定したまま(0°と図示する。)であれば実線で示すように周波数 f が高くなってもレスポンスは一定であるが、例えば右側に90°回転した場合と左側に90°回転した場合では、周波数 f が高くなるに従いレスポンス差が生じる。頭部を右側に90°回転した場合(+

90°と図示する。)一点鎖線で示すように、周波数 f が高くなるほどレスポンスは上昇する。これに対して、頭部を左側に90°回転した場合(−90°と図示する。)破線で示すように、周波数 f が高くなるほどレスポンスは減少する。両者は頭部を正面方向に固定した際の実線で示すレスポンス特性を軸にして上下対称となっている。さらにこの周波数特性は、音源が前方180°の範囲内に置かれた場合と、後方180°の範囲内に置かれた場合とで逆になる。

【0035】したがって、図6に示したデジタル信号処理回路4を用いたヘッドホン装置1によれば、前方2チャンネルと後方2チャンネルの計4個の音源からの入力信号に、第1の一对の時間差付加回路22_L及び22_R、第2の一对の時間差付加回路23_L及び23_Rで頭部回転角度に応じて付加する時間差の増減方向を逆にして与え、第1の一对の周波数特性制御回路28_L及び28_R、第2の一对の周波数特性制御回路29_L及び29_Rで頭部回転角度に応じて制御する周波数特性の変化方向を逆にするので、前方音声信号に対しても、後方音声信号に対しても実際の音源を音を頭を動かしながら聞くのと同等の両耳間の時間差、及び周波数特性を実現できるので、あらゆる方向に良好な頭外音像定位を実現できる。

【0036】次に、図8に示すデジタル信号処理回路4は、図2に示した第1の一对の時間差付加回路22_L及び22_Rの代わりに第1の一对の位相差付加回路30_L及び30_Rを第1の一对のレベル差付加回路24_L及び24_Rの入力側に、第2の一对の時間差付加回路23_L及び23_Rの代わりに第2の一对の位相差付加回路31_L及び31_Rを第2の一对のレベル差付加回路25_L及び25_Rの入力側に接続してなる。ここで、第1の一对の位相差付加回路30_L及び30_Rと、第2の一对の位相差付加回路31_L及び31_Rは、図9に示すような位相変化特性に応じた位相差をヘッドホン7装着者の頭部の回転角度に応じて上記入力信号に与える。頭部を正面前方に固定したままで(0°と図示する。)であれば実線で示すような位相差 θ となるが、例えば頭部が右側に90°回転した場合と左側に90°回転した場合では、位相差が左右にシフトする。頭部を右側に90°回転した場合(+90°と図示する。)一点鎖線で示すように位相は進む。これに対して、頭部を左側に90°回転した場合(−90°と図示する。)破線で示すように位相は遅れる。両者は頭部を正面方向に固定した際の実線で示すレスポンス特性を軸にして左右対称となっている。さらにこの特性は、音源が前方180°の範囲内に置かれた場合と、後方180°の範囲内に置かれた場合とで逆になる。

【0037】したがって、図8に示したデジタル信号処理回路4を用いたヘッドホン装置1によれば、前方2チャンネルと後方2チャンネルの計4個の音源からの入

力信号に、第1の一对の位相差付加回路30_L及び30_R、第2の一对の位相差付加回路31_L及び31_Rで頭部回転角度に応じて付加する位相差の増減方向を逆にして与え、第1の一对のレベル差付加回路24_L及び24_R、第2の一对のレベル差付加回路25_L及び25_Rで頭部回転角度に応じて付加する位相差の増減方向を逆にして与えるので、前方音声信号に対しても、後方音声信号に対しても実際の音源を音を頭を動かしながら聞くのと同等の両耳間の位相差特性、及びレベル差特性を再現できるので、あらゆる方向に良好な頭外音像定位を実現できる。

【0038】さらに次に、図10に示すデジタル信号処理回路4は、図6に示した第1の一对の時間差付加回路22_L及び22_Rの代わりに第1の一对の位相差付加回路30_L及び30_Rを第1の一对の周波数特性制御回路28_L及び28_Rの入力側に、第2の一对の時間差付加回路23_L及び23_Rの代わりに第2の一对の位相差付加回路31_L及び31_Rを第2の一对の周波数特性制御回路29_L及び29_Rの入力側に接続してなる。

【0039】ここで、第1の一对の位相差付加回路30_L及び30_Rと、第2の一对の位相差付加回路31_L及び31_Rは、図9に示すような位相変化特性に応じた位相差をヘッドホン7装着者の頭部の回転角度に応じて上記入力信号に与える。また、第1の一对の周波数特性制御回路28_L及び28_Rと、第2の一对の周波数特性制御回路29_L及び29_Rは、図7に示すような周波数特性をヘッドホン7装着者の頭部の回転角度に応じて上記入力信号に与えて、周波数特性を制御するものである。

【0040】したがって、図10に示したデジタル信号処理回路4を用いたヘッドホン装置1によれば、前方2チャンネルと後方2チャンネルの計4個の音源からの入力信号に、第1の一对の位相差付加回路30_L及び30_R、第2の一对の位相差付加回路31_L及び31_Rで頭部回転角度に応じて付加する位相差の増減方向を逆にして与え、第1の一对の周波数特性制御回路28_L及び28_R、第2の一对の周波数特性制御回路29_L及び29_Rで頭部回転角度に応じて制御する周波数特性の変化方向を逆にするので、前方音声信号に対しても、後方音声信号に対しても実際の音源を音を頭を動かしながら聞くのと同等の両耳間の位相差、及び周波数特性を実現できるので、あらゆる方向に良好な頭外音像定位を実現できる。

【0041】ここで、図1に示した回転角速度センサ8について説明しておく。回転角速度センサ8は、上述したようにヘッドホン7を装着している装着者の頭部の回転角速度を検出する。特に、この実施の形態となるヘッドホン装置1では、回転角速度センサ8として図11に示すような圧電振動ジャイロ装置32を用いている。この圧電振動ジャイロ装置32は、運動体の揺動運動を圧電素子により検出する装置である。図11において、正

方形断面の振動用四角柱からなる振動用圧電素子33は種々の振動体から構成される。この振動用圧電素子33の対向する2面には、検出用圧電素子34及び35、駆動用圧電素子36及び37が取り付けられている。

【0042】駆動用圧電素子36及び37には駆動用信号源38が接続され、交番信号を供給するように構成されている。検出用圧電素子34及び35の出力は、差動増幅器39に供給される。この差動増幅器39の差動出力と駆動用信号源38の出力とが乗算器又は位相検波器40に供給され、乗算又は位相検波される。乗算器又は位相検波器40の出力は、図1に示す帯域制限フィルタ9に供給されて搬送波成分が除去された後に、A/D変換器10に供給されて符号化される。

【0043】このように構成された圧電ジャイロ装置32は、以下のように動作する。まず、駆動用圧電素子36及び37に振動用圧電素子33の固有振動周波数の交番信号を印加すると、振動用圧電素子33は図示の振動波形に基づいて強制振動される。この振動は一定のモードで共振を発生させるものである。

【0044】この場合、外力が加わらない状態では、検出用圧電素子34及び35の出力はないが、振動用圧電素子33に対して軸方向に角速度 ω の回転力が加わると、コリオリの力により、搬送波としての強制振動用の交番信号が振幅変調され、検出信号となって検出される。この場合の振幅の大きさは、軸に及ぼされる回転の角速度 ω に比例し、回転方向は駆動用信号に対する検出信号の位相ずれ方向に対応する。

【0045】従って、振幅変調された検出信号と、駆動用信号との積をとり、その信号を低域フィルタとしての帯域制限フィルタ9で搬送波成分を除去し、検出信号とすることが行われている。また、回転角速度センサ8は、図12に示すようなアナログ角度検出器41でもよい。このアナログ角度検出器41は、ヘッドホン7のヘッドバンド7aに設けられ、頭部の動きを検出する。アナログ角度検出器41では、ヘッドバンド7aの中央部にCDSやフォトダイオード等の光の強さにより抵抗値が変化する受光素子からなる受光器42を取り付けている。この受光器42と対向して電球や発光ダイオード等の発光器44が設けられていて、この発光器44により一定の強さの光を受光器42に向けて照射するようになっている。

【0046】その際、この発光器44の投射光の通路間に回転角度のより投射光の透過度が変化するような可動シャッター43が設けられており、この可動シャッター43は磁針45と共に回転するようになっている。従って、受光器42に一定の電流を流すとき、受光器42の受光素子両端の電圧は磁針45の示す南北方向を基準として、ヘッドホン装着者の方向を含む頭の動きを示すアナログ出力が取り出される。

【0047】また、回転角速度センサ8は、図13に示

すようなデジタル角度検出器50でもよい。このデジタル角度検出器50は、ヘッドホン7のヘッドバンド7aに設けられ、頭部の動きを検出する。このデジタル角度検出器50では、ヘッドバンド7aの中央部にロータリーエンコーダ51が、その入力軸が垂直となるように設けられていると共に、その入力軸に、磁針52が設けられている。従って、ロータリーエンコーダ51からは、磁針52の示す南北方向を基準として、ヘッドホン装着者の方向を含む頭の動きを示す出力が取り出される。この場合、出力は既にデジタル信号となっているので、図1の帯域制限フィルタ9、A/D変換器10を省略できる。

【0048】また、回転角速度センサ8は、前方或いは周囲に置かれた発光器と上記ヘッドホン7のヘッドバンドに設けられた少なくとも2個の光強度センサの出力比により回転角を算出するようにしてもよい。また、この回転角速度センサ8は、ヘッドホン7上の離れた2カ所に取り付けられたマイクロホンで、前方或いは周囲に置かれた超音波発振器とから断続的に発生されるバースト信号を、読み取りそれぞれの受信信号の時間差から回転角速度を算出するようにしてもよい。

【0049】なお、上記回転角速度センサ8を含め、帯域制限フィルタ9、A/D変換器10、マイクロプロセッサ11、デジタル信号処理回路4、D/A変換器5_L、5_R、電力増幅器6_L、6_Rは、ヘッドホン7上に設けられていてもよい。この場合、A/D変換器3₁・・・3_nからデジタル信号処理回路4には、ワイヤレスで音声入力信号が供給されてもよい。

【0050】もちろん、上記回転角速度センサ8を除く、他の各部はヘッドホン7上ではなく別に設けられてもよい。この場合、電力増幅器6_L及び6_Rからヘッドホン7の発音体7_L及び7_Rへはワイヤレスで出力信号が供給されてもよい。次に、本発明に係るヘッドホン装置の第2の実施の形態について説明する。この第2の実施の形態は、図14に示すように、例えばnチャンネルの音声入力信号を発生するn個の音源6₁・・・6_{1n}からの該音声入力信号をn個のA/D変換器6₂・・・6_{2n}を介してデジタル信号として受け取り、該nチャンネルの音声入力デジタル信号を例えば4入力ずつまとめて入力信号群とし、該入力信号群にデジタル信号処理を施すデジタル信号処理回路63と、このデジタル信号処理回路63でデジタル信号処理が施された音声デジタル信号をステレオ信号としてL、Rの2系統に分けた後、D/A変換器6₄_L、6₄_Rを介してアナログ信号として受け取り、電力増幅する電力増幅器6₅_L、6₅_Rと、この電力増幅器6₅_L、6₅_Rにより駆動される発音体6₆_L、6₆_Rを備えたヘッドホン66と、このヘッドホン66のヘッドバンド66aに取り付けられてこのヘッドホン66を装着している装着者の頭部の回転角速度を検出する回転角速度センサ67と、この回転

角速度センサ67の検出出力を帯域制限フィルタ68で帯域制限しA/D変換器69でデジタル信号に変換してから取り込みヘッドホン66の装着者の正面方向からの回転運動角度を計算する回転運動角度計算機能を持つマイクロプロセッサ70とを備え、上記マイクロプロセッサ70で得られた回転運動角度に応じて上記デジタル信号処理回路63における信号処理内容を更新して音像を上記ヘッドホン66装着者の頭外の一定方向に定位させるようにしたヘッドホン装置60である。

【0051】ヘッドホン66が回転運動を持つとヘッドバンド66aに取り付けられた回転角速度センサ67は、その角速度に比例した電圧を出力する。この出力信号は、帯域制限フィルタ68でフィルタリングされた後、A/D変換器69で符号化され、マイクロプロセッサ70に入力される。マイクロプロセッサ70に入力されたA/D変換器69の出力信号は、一定時間間隔でサンプリングされた後積分され、角度データに変換される。この角度データから実際に音像を定位させるための回転角度が算出されて対応する信号処理データをデジタル信号処理回路63に転送する。

【0052】一方、n個の音源61₁・・・61_nから入力されたnチャンネルの音声信号は、n個のA/D変換器62₁・・・62_nで符号化されてデジタル信号処理回路63に入力される。デジタル信号処理回路63では、マイクロプロセッサ70で算出された角度データに対応して必要となる音声信号を頭外に定位させるためのデジタル信号処理を施し、その結果をステレオのL、Rの2系統に対応させた2個のD/A変換器64₁、64₂に出力する。2個のD/A変換器64₁、64₂により再びアナログ信号に戻された音声信号は、電力増幅器65₁、65₂を介して、ヘッドホン66の発音体66₁、66₂に供給され、これを聴取する聴取者に最適の頭外定位信号を与える。

【0053】ここで、デジタル信号処理回路63は、図15に示すように、ヘッドホン装着者が正面方向を向いている場合を基準状態としてこの時に定位させるべき方向によって複数のブロックに分類された各ブロック毎の音声入力信号に上記信号処理を施す信号処理ブロック63₁、63₂・・・63_mに分割されている。

【0054】例えば、信号処理ブロック63₁は、定位方向が近い音源61₁・・・61₄からの4つの入力信号を図16に示すように入力端子71₁、71₂・71₃を介して受け取る。入力端子71₁、71₂・71₃を介して受け取った上記4つの入力信号は、上記4個の音源61₁・・・61₄からヘッドホン装着者の両耳に至る頭部伝達関数を時間領域に変換したインパルスレスポンスとして計8個のデジタルフィルタ74₁、74₂、75₁、75₂・・・77₁及び77₂で畳み込まれる。デジタルフィルタ74₁、74₂、75₁、75₂・・・77₁及び77₂からのフィルタ出力は、LとRのチャンネル毎

に一对の加算器78₁、78₂で加算され、それぞれ時間差付加回路79₁、79₂に供給される。

【0055】時間差付加回路79₁、79₂の出力は、レベル差付加回路80₁、80₂を介して、出力端子81₁、81₂から、図15の一对の加算器72₁、72₂に供給される。一对の加算器72₁、72₂には、信号処理ブロック63₁・・・63_mにおいてそれぞれ8個のデジタルフィルタでフィルタリングされ、L、R毎に時間差及びレベル差が付加された信号が供給される。

【0056】ある一つの信号処理ブロックに入力される信号は、定位方向が近いものが集められ、従って基準方向を向いている状態(0°)に対して頭が回転したときに付加する時間差及びレベル差は同一の特性とすることが可能となる。各信号処理ブロックのL、Rチャンネル用出力信号は、加算器72₁、72₂で加算され、ヘッドホン66への出力信号として出力端子73₁、73₂から出力される。

【0057】したがって、この第2の実施の形態のヘッドホン装置60は、複数の信号処理ブロック内で独立した時間差付加及びレベル差付加が行われ、ヘッドホン再生を行う場合に、任意の方向への音像定位を可能とする。なお、このヘッドホン装置60でも、時間差付加回路の代わりに、位相差付加回路を用いてもよい。また、レベル差付加回路の代わりに周波数特性制御回路を用いてもよい。

【0058】また、このヘッドホン装置60に用いられる回転各速度センサ67には、上記図11、図12、図13に示した圧電ジャイロ装置32、アナログ角度検出器41、デジタル角度検出器50を用いてもよい。次に、本発明に係るヘッドホン装置の第3の実施の形態について説明する。この第3の実施の形態は、図17に示すように、例えば3系統の音声信号を図18に示すように前方180°の範囲内に配置した音源86₁、86₂、86₃で再生する場合を想定している。このような場合、一般的に音源86₂が再生する音声信号による音像は、その音声信号のレベルを減衰した後、音源86₁及び音源86₃に分配して再生することによってもほぼ同等の音像を再現できる。従って、多チャンネルの音声信号入力がある場合、定位方向の近い信号は他のチャンネルに分配して加算することにより、伝送チャンネル数を減らすことができる。

【0059】すなわち、このヘッドホン装置85は、図17に示すように、例えば3チャンネルの音声入力信号を定位させる位置に置かれた3個の音源86₁、86₂、86₃からの該音声入力信号を3個のA/D変換器87₁、87₂、87₃を介してデジタル信号として受け取り、該3チャンネルの音声入力デジタル信号に上述したようなデジタル信号処理を施すデジタル信号処理回路88と、このデジタル信号処理回路88でデジタル処理が施された音声デジタル信号をステレオ信

号としてL、Rの2系統に分けた後、D/A変換器89₁、89₂を介してアナログ信号として受け取り、電力増幅する電力増幅器90₁、90₂と、この電力増幅器90₁、90₂により駆動される発音体91₁、91₂を備えたヘッドホン91と、このヘッドホン91のヘッドバンド91₁に取り付けられてこのヘッドホン91を装着している装着者の頭部の回転角速度を検出する回転角速度センサ92と、この回転角速度センサ92の検出出力を帯域制限フィルタ93で帯域制限しA/D変換器94でデジタル信号に変換してから取り込みヘッドホン91の装着者の正面方向からの回転運動角度を計算する回転運動角度計算機能を持つマイクロプロセッサ95とを備え、上記マイクロプロセッサ95で得られた回転運動角度に応じて上記デジタル信号処理回路88における信号処理内容を更新して音像を上記ヘッドホン91装着者の頭外の一定方向に定位させるようにしたヘッドホン装置85である。

【0060】ヘッドホン91が回転運動を持つとヘッドバンド91₁に取り付けられた回転角速度センサ92は、その角速度に比例した電圧を出力する。この出力信号は、帯域制限フィルタ93でフィルタリングされた後、A/D変換器94で符号化され、マイクロプロセッサ95に入力される。マイクロプロセッサ95に入力されたA/D変換器94の出力信号は、一定時間間隔でサンプリングされた後積分され、角度データに変換される。この角度データから実際に音像を定位させるための回転角度が算出され対応する信号処理データをデジタル信号処理回路88に転送する。

【0061】一方、3個の音源86₁、86₂、86₃から入力された3チャンネルの音声信号は、3個のA/D変換器87₁、87₂、87₃で符号化されデジタル信号処理回路88に入力される。デジタル信号処理回路88では、マイクロプロセッサ95で算出された角度データに対応して必要となる音声信号を頭外に定位させるためのデジタル信号処理を施し、その結果をステレオのL、Rの2系統に対応させた2個のD/A変換器89₁、89₂に出力する。2個のD/A変換器89₁、89₂により再びアナログ信号に戻された音声信号は、電力増幅器90₁、90₂を介して、ヘッドホン91の発音体91₁、91₂に供給され、これを聴取する聴取者に最適の頭外定位信号を与える。

【0062】ここで、デジタル信号処理回路88は、図19に示すように、入力端子96₁から供給された入力信号S₁による音像と、入力端子96₃から供給された入力信号S₃による音像の間にある入力端子96₂から供給された入力信号S₂のレベルを減衰器97により減衰し、減衰信号S₂'を加算器98₁、加算器98₂により入力信号S₁、入力信号S₃に加算している。そして、加算器98₁の加算出力S₁+S₂'をデジタルフィルタ99₁及び99₂に供給し、加算器98₂の加算出力S₃+

S₂'をデジタルフィルタ100₁及び100₂に供給している。その後、ヘッドホン91に出力するL、Rチャンネル毎に加算器101₁、加算器101₂でデジタルフィルタ出力を加算し、時間差付加回路102₁、時間差付加回路102₂で頭が回転した場合の時間差を付加し、レベル差付加回路103₁、レベル差付加回路103₂でレベル差を付加することにより、入力信号S₂のためのデジタルフィルタを省略して全ての入力信号に対する音像定位を実現できる。なお、レベル差付加回路103₁の出力信号は、出力端子104₁を介してD/A変換器89₁に供給される。また、レベル差付加回路103₂の出力信号は、出力端子104₂を介してD/A変換器89₂に供給される。

【0063】なお、このヘッドホン装置85でも、時間差付加回路の代わりに、位相差付加回路を用いてもよい。また、レベル差付加回路の代わりに周波数特性制御回路を用いてもよい。また、このヘッドホン装置85に用いられる回転角速度センサ92には、上記図11、図12、図13に示した圧電ジャイロ装置32、アナログ角度検出器41、デジタル角度検出器50を用いてもよい。

【0064】次に、本発明に係るヘッドホン装置の第4の実施の形態について図20を参照しながら説明する。入力端子106₁、入力端子106₂には、多チャンネルの信号を例えば2チャンネルにエンコードした信号が入力される。この信号は、デコーダ107によってデコードされそれぞれ、デジタル信号処理回路108₁、108₂・・・108_nに供給される。デジタル信号処理回路108₁、108₂・・・108_nは、図2、図6、図8、図10、図16に示したようなデジタル信号処理回路とすることができる。

【0065】したがって、この第4の実施の形態は、2チャンネル分の音声入力端子を有するのみで多チャンネルの頭外音像定位をヘッドホン受聴において実現できる。

【0066】

【発明の効果】本発明に係るヘッドホン装置は、N個の音源からのNチャンネルの入力信号に対して2N個のデジタルフィルタ手段を用い、上記NチャンネルのうちのM(M≤N)チャンネルに対応する2M個のデジタルフィルタ手段のL、R極性の同じ出力同士を第1の一对の加算手段で加算し、上記NチャンネルのうちのN-Mチャンネルに対応する2(N-M)個のデジタルフィルタ手段のL、R極性の同じ出力同士を第2の一对の加算手段で加算し、上記第1の一对の加算手段のL側及びR側の出力を第1の一对の時間差付加手段又は第2の一对の位相差付加手段に供給し、上記第2の一对の加算手段のL側及びR側の出力を第2の一对の時間差付加手段又は第2の一对の位相差付加手段に供給し、上記第1の一对の時間差付加手段又は上記第1の一对の位相差付

加手段と上記第2の一对の時間差付加手段又は上記第2の一对の位相差付加手段のそれぞれのL側及びR側二系統の出力を同じ極性同士で第3の一对の加算手段で加算する。ここで、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第1の一对の時間差付加手段又は第1の一对の位相差付加手段と上記第2の一对の時間差付加手段又は第2の一对の位相差付加手段とで付加する時間差又は位相差の増減方向を逆にして、上記信号処理手段における信号処理内容を更新する。このため、前方音声信号に対しても、後方音声信号に対しても実際の音源の音を頭を動かしながら聞くのと同等の両耳間遅延時間差又は位相差を再現できるのであらゆる方向に良好な頭外音像定位を実現することができる。

【0067】ここで、上記第1の一对の時間差付加手段又は第1の一对の位相差付加手段の入力側又は出力側に第1の一对のレベル差付加手段と、上記第2の一对の時間差付加手段又は第2の一对の時間差付加手段の入力側又は出力側に第2の一对のレベル差付加手段とを備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第1の一对のレベル差付加手段と上記第2の一对のレベル差付加手段とで付加するレベル差の増減方向を逆にすれば、前方音声信号に対しても、後方音声信号に対しても実際の音源の音を頭を動かしながら聞くのと同様の両耳間レベル差特性も再現できる。

【0068】また、上記第1の一对の時間差付加手段又は上記第1の一对の位相差付加手段の入力側又は出力側に第1の一对の周波数特性制御手段と、上記第2の一对の時間差付加手段又は第2の一对の位相差付加手段の入力側又は出力側に第2の一对の周波数特性制御手段とを備え、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記第1の一对の周波数特性制御手段と上記第2の一对の周波数特性制御手段とで制御する周波数特性の変化方向を逆にすれば、前方音声信号に対しても、後方音声信号に対しても実際の音源の音を頭を動かしながら聞くのと同等の両耳間の周波数特性変化も再現できる。

【0069】また、本発明に係るヘッドホン装置は、N個の音源からのNチャンネルの入力信号に対して2N個のデジタルフィルタ手段を用い、ヘッドホンの装着者が正面方向を向いている状態を基準状態としてこの時に定位させるべき方向によって該Nチャンネルの音声信号を複数のブロックに分類し、この分類された各ブロック毎に、そのブロックに含まれる各チャンネルのそれぞれのデジタルフィルタの出力のL、R極性の同じもの同士を一对の加算手段で加算し、上記一对の加算手段のL側及びR側の出力を一对の時間差付加手段又は一对の位相差付加手段に供給し、上記一对の時間差付加手段又は一对の位相差付加手段のL側及びR側の出力を同じ極性同士で加算手段で加算する。ここで、上記回転運動角度計算手段で検出した回転運動角度に応じて上記一对の時

間差付加手段又は一对の位相差付加手段で付加する時間差又は位相差の量を上記各ブロック毎に独立に変化させて、上記信号処理手段における信号処理内容を更新する。このため、頭部全周のあらゆる方向の音声信号に対し実際に頭を動かしながら音を聞くのに極めて近似した両耳間差特性を実現できるのであらゆる方向に良好な頭外音像定位を実現できる。

【0070】さらに、本発明に係るヘッドホン装置は、Nチャンネルの音声入力信号の一部のチャンネルを複数系統に分け音像を定位させる位置に応じてそれぞれにレベル差あるいは位相差を付加して残りの複数のチャンネルに加算することによりチャンネル数をM ($M < N$) チャンネルに減じた後、各チャンネルにデジタル処理を施す信号処理手段を備えるので、全てのチャンネルにおいてデジタル信号処理を行う必要がなく、比較的少ない信号処理量で多チャンネルの音声信号の良好な頭外音像定位を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るヘッドホン装置の第1の実施の形態のブロック図である。

【図2】上記第1の実施の形態に用いられるデジタル信号処理回路のブロック図である。

【図3】上記第1の実施の形態が想定している状態を示す模式図である。

【図4】上記第1の実施の形態に用いられるデジタル信号処理回路内の時間差付加回路で付加される遅延時間の特性図である。

【図5】上記第1の実施の形態に用いられるデジタル信号処理回路内のレベル差付加回路で付加されるレベル差の特性図である。

【図6】上記第1の実施の形態に用いられるデジタル信号処理回路で時間差付加回路と周波数特性制御回路を用いた場合のブロック図である。

【図7】上記周波数特性制御回路で行われる周波数制御の特性図である。

【図8】上記第1の実施の形態に用いられるデジタル信号処理回路で位相差付加回路とレベル差付加回路を用いた場合のブロック図である。

【図9】上記位相差付加回路で付加される位相差の変化特性図である。

【図10】上記第1の実施の形態に用いられるデジタル信号処理回路で位相差付加回路と周波数特性制御回路を用いた場合のブロック図である。

【図11】上記第1の実施の形態に用いられる回転角速度センサに適用できる圧電振動ジャイロ装置の概略構成図である。

【図12】上記第1の実施の形態に用いられる回転角速度センサに適用できるアナログ角度検出器の概略構成図である。

【図13】上記第1の実施の形態に用いられる回転角速

度センサに適用できるデジタル角度検出器の概略構成図である。

【図14】本発明に係るヘッドホン装置の第2の実施の形態のブロック図である。

【図15】上記第2の実施の形態のデジタル信号処理回路のブロック図である。

【図16】上記第2の実施の形態の信号処理ブロックのブロック図である。

【図17】本発明に係るヘッドホン装置の第3の実施の形態のブロック図である。

【図18】上記第3の実施の形態が想定している状態を示す模式図である。

【図19】上記第3の実施の形態に用いられるデジタル信号処理回路のブロック図である。

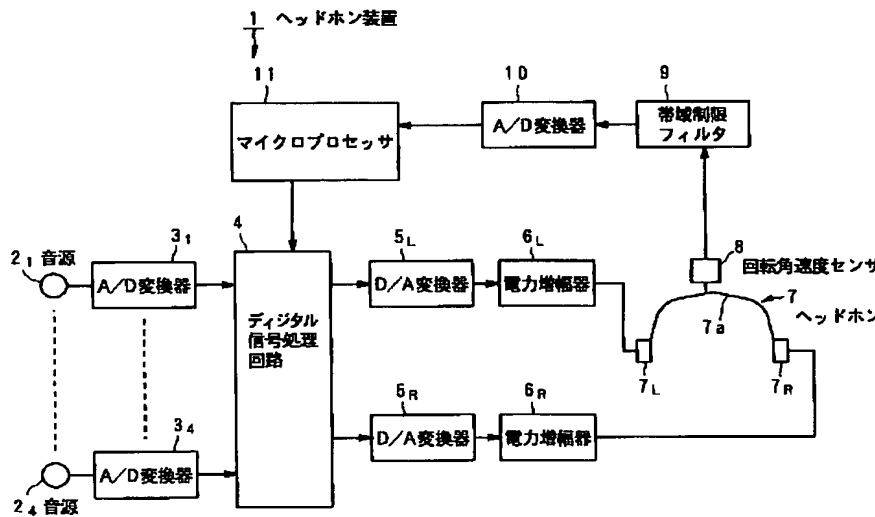
【図20】本発明に係るヘッドホン装置の第4の実施の形態のブロック図である。

【符号の説明】

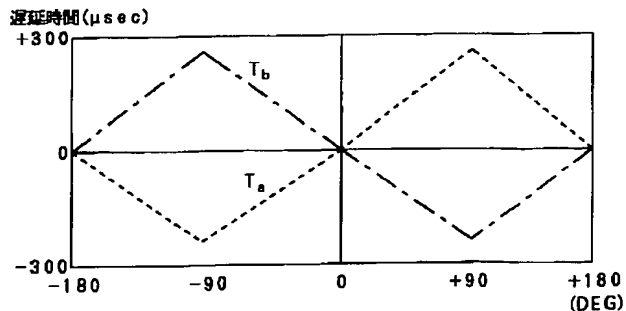
*

- * 1 ヘッドホン装置
- 2_L、2_R 音源
- 4 デジタル信号処理回路
- 6_L、6_R 電力増幅器
- 7 ヘッドホン
- 8 回転角速度センサ
- 11 マイクロプロセッサ
- 16_L、16_R、17_L、17_R、18_L、18_R、19_L、19_R デジタルフィルタ
- 10 20_L、20_R 第1の一对の加算器
- 21_L、21_R 第2の一对の加算器
- 22_L、22_R 第1の一对の時間差付加回路
- 23_L、23_R 第2の一对の時間差付加回路
- 24_L、24_R 第1の一对のレベル差付加回路
- 25_L、25_R 第2の一对のレベル差付加回路
- 26_L、26_R 第3の一对の加算器

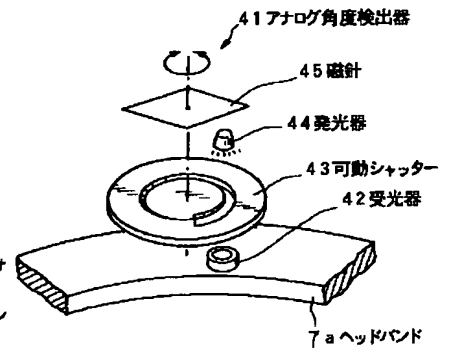
【図1】



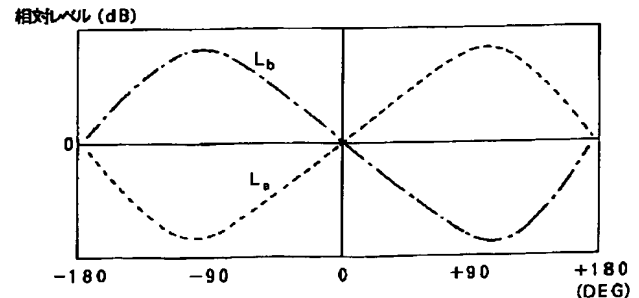
【図4】



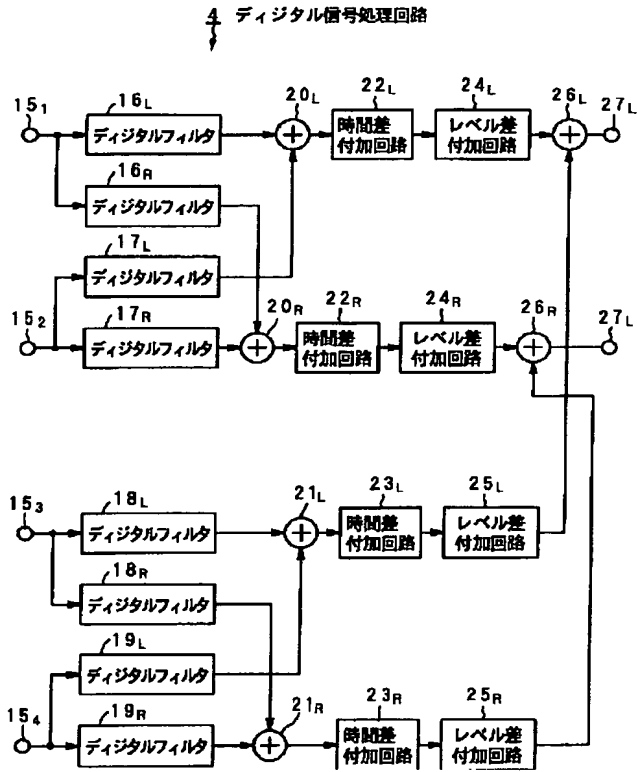
【図12】



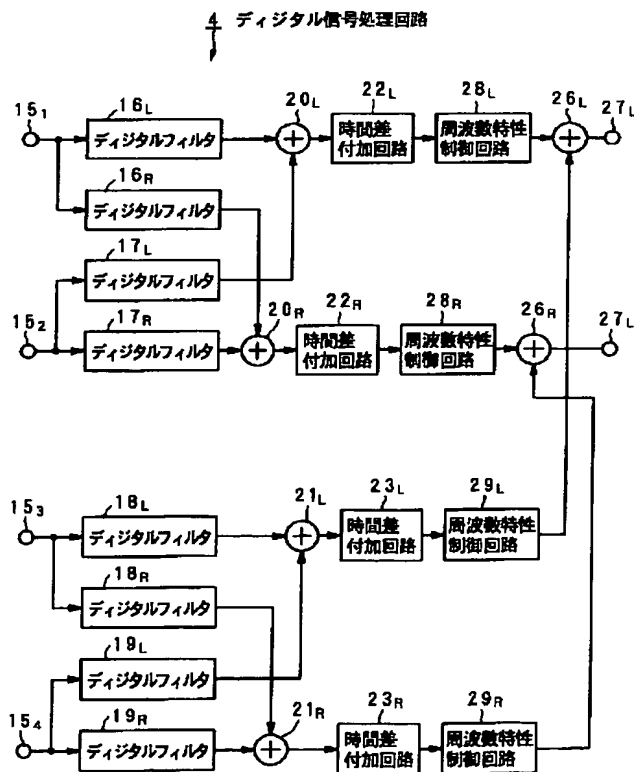
【図5】



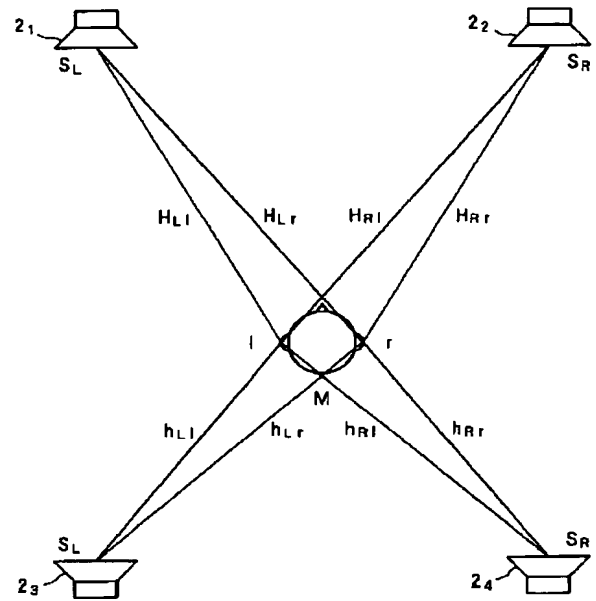
【図2】



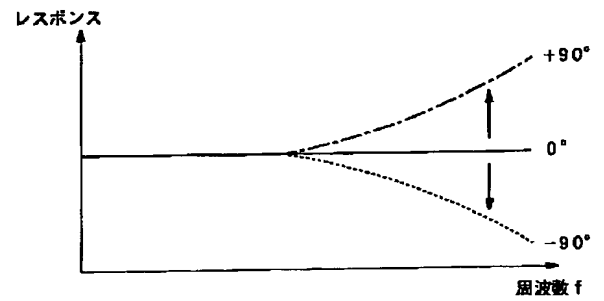
【図6】



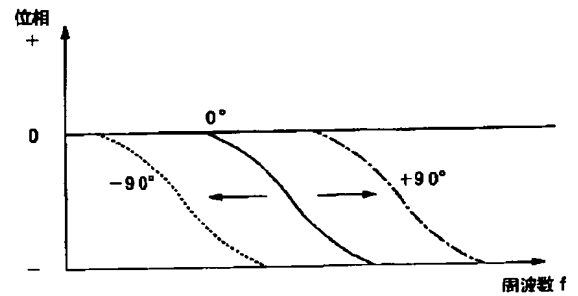
【図3】



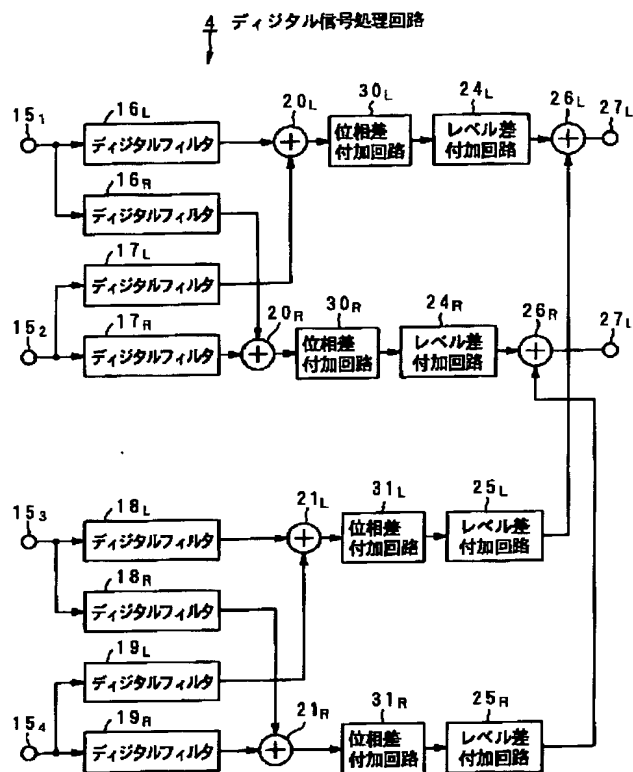
【図7】



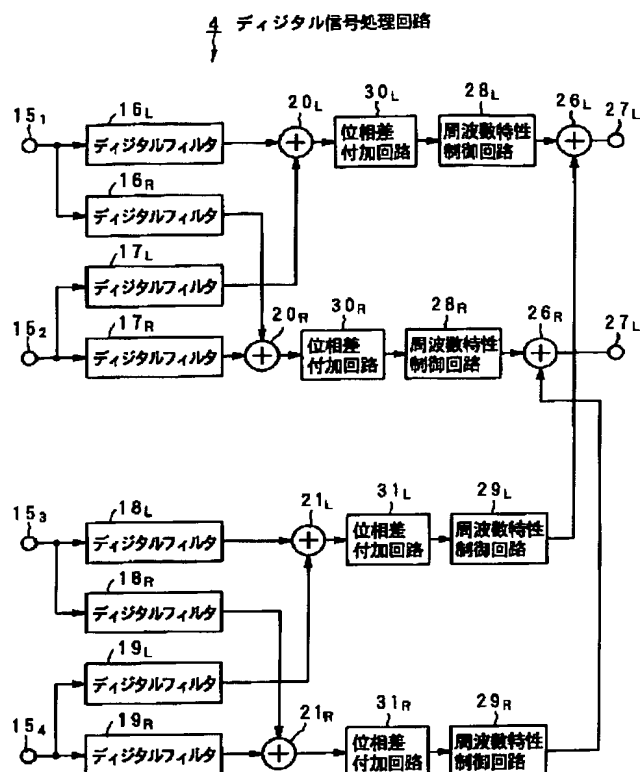
【図9】



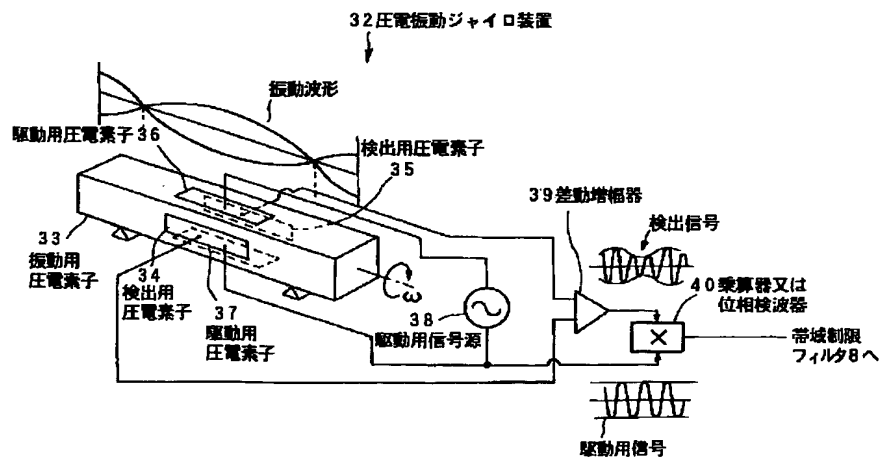
【図8】



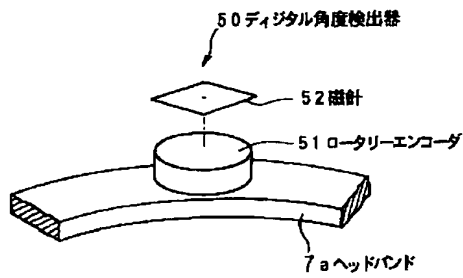
【図10】



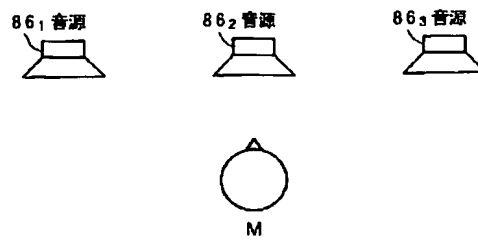
【図11】



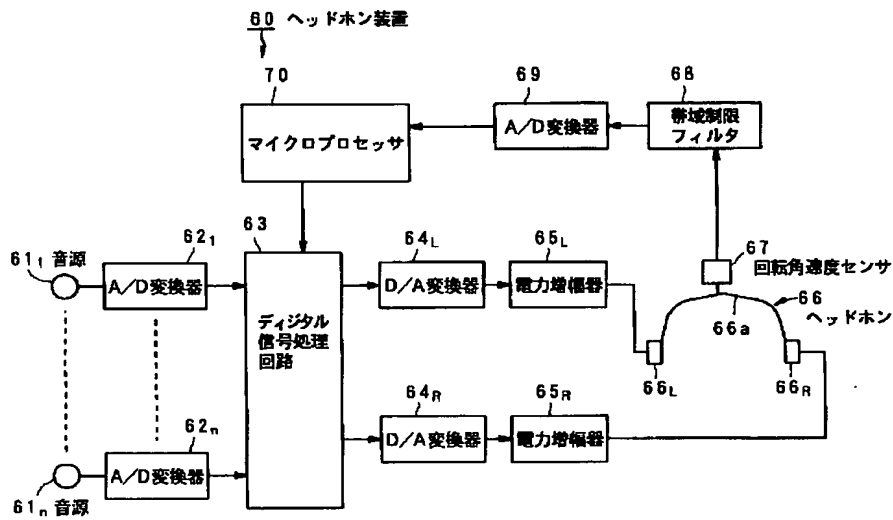
【図13】



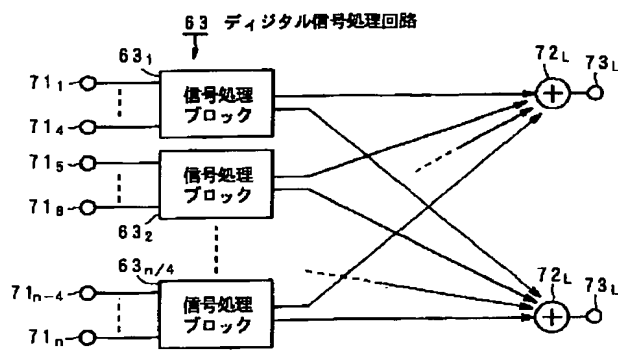
【図18】



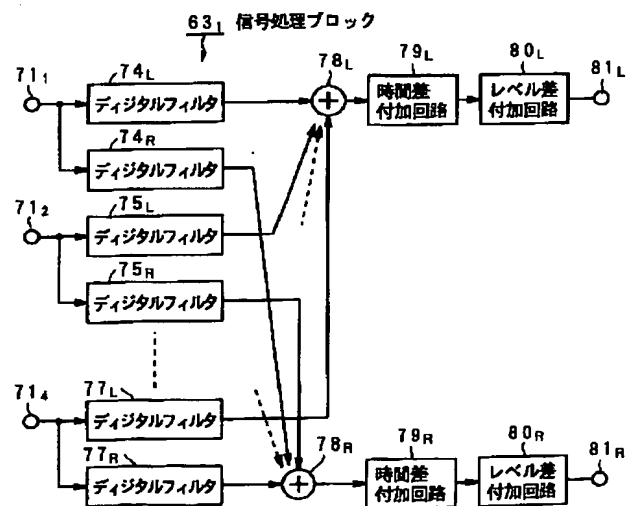
【図14】



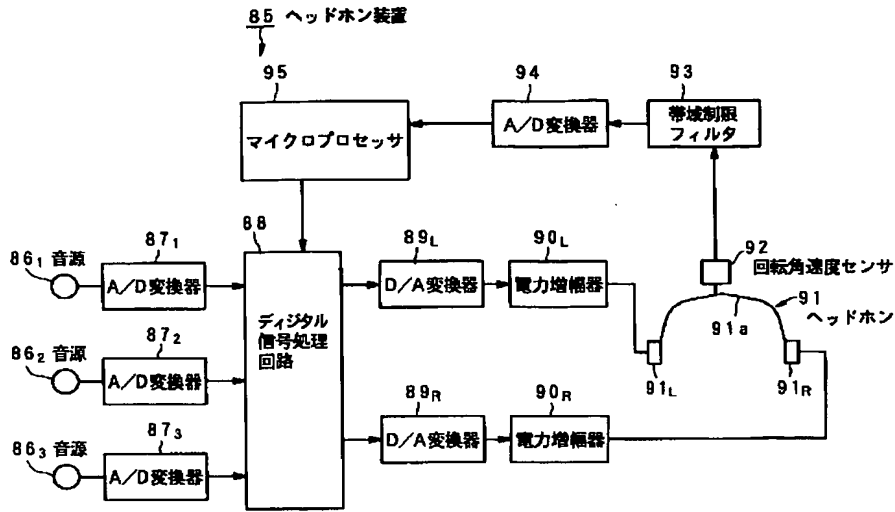
【図15】



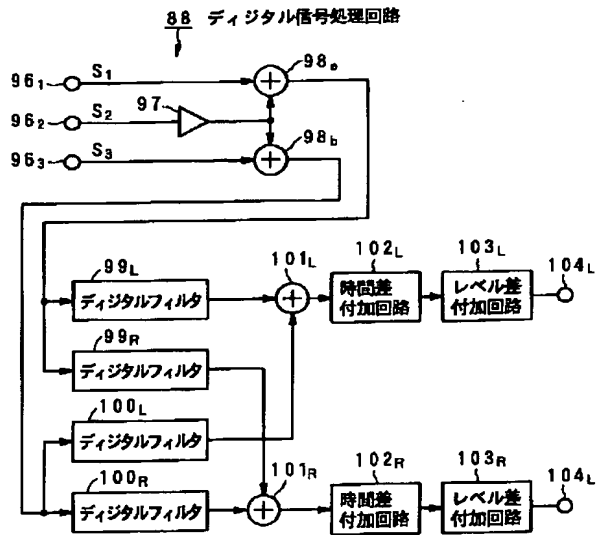
【図16】



【图 17】



【図 19】



【図 2'0】

